

HELIOX unter Spontanatmung zur Vermeidung einer respiratorischen Erschöpfung bei COVID-19?

Till S. Mutzbauer

Ausgangssituation

COVID-19 PatientInnen werden wegen Atemnot stationär aufnahmepflichtig. Üblicherweise erhält ein Patient mit Hypoxämie Sauerstoff. Allein die Verabreichung von Sauerstoff über eine Nasensonde oder ein lose getragenes Maskensystem trägt in der COVID-19 Ausnahmesituation einerseits zur Risikoerhöhung für das Rettungsdienst- und Krankenhauspersonal durch die Generierung von Aerosol [9] bei, andererseits sind beim Einsatz von Sauerstoff in der Situation einer Pandemie die Sauerstoff-Reserven mehr oder weniger schnell erschöpft [1, 2, 4, 10, 14].

Respiratorische Erschöpfung ist mittelbar auch eine Folge einer Erhöhung der Atemarbeit [5, 13]. Möglicherweise ist die Erhöhung der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration sowohl unter Spontanatmung als auch unter den Bedingungen der nicht-invasiven oder der invasiven Beatmung durch die zunehmende Entstehung freier Radikale [6] nachteilig.

Zielkollektiv der vorgestellten Atemgas-Technologie

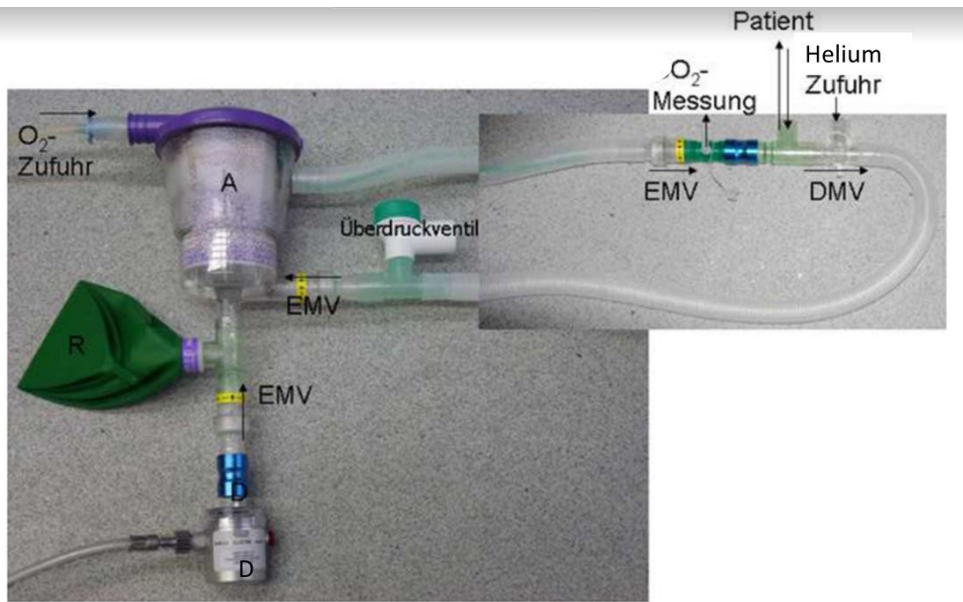
PatientInnen, die im Rettungsdienst oder im Notfallaufnahmebereich wegen Dyspnoe Sauerstoff erhalten müssen und bei denen eine respiratorische Erschöpfung droht. Die Atemarbeit ist auch eine Funktion der Atemgasdichte [13]. Da die respiratorisch wirksame Muskulatur bei Menschen mit Vorerkrankungen kaum trainierbar ist, hat sie in dieser Patientengruppe nur wenig Reservekapazität. In einer Situation mit erhöhten Anforderungen an die respiratorische Muskulatur gibt es zur Unterstützung dieses Systems bei sonst gleichbleibend vorgegebenen Anforderungen bzw. Parametern neben der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration nur eine Variable, die unter Spontanatmung verändert werden kann: die Dichte des ventilierten Atemgasgemisches.

Üblicherweise atmen Menschen ein Gemisch aus Stickstoff und Sauerstoff mit geringen Anteilen weiterer atmosphärischer Gase, z.B. Argon und Kohlendioxid. Die vorgestellte Technologie besteht darin, dass COVID-19-PatientInnen mit Dyspnoe zur Vermeidung einer respiratorischen Erschöpfung und zur Vermeidung weiterer Lungenschädigung durch erhöhte Atemarbeit bzw. Beatmung [3] ein Helium-Sauerstoff-Gasgemisch, auch als HELIOX bezeichnet, verabreicht wird.

HELIOX ist ein üblicherweise aus festgelegten Anteilen der Gase Helium und Sauerstoff bestehendes Gasgemisch. Es findet fast ausschliesslich in der Taucherei Anwendung. Vereinzelt wurden HELIOX-Gasgemische auch zur Beatmung über spezielle Beatmungsgeräte eingesetzt. Bei reduzierter Kapazität an Beatmungsgeräten auch bereits für Nicht-invasive Ventilation könnte die Spontanatmung von HELIOX eine Übergangslösung darstellen, die im günstigsten Fall auch den Einsatz des Beatmungsgerätes vermeiden helfen könnte.

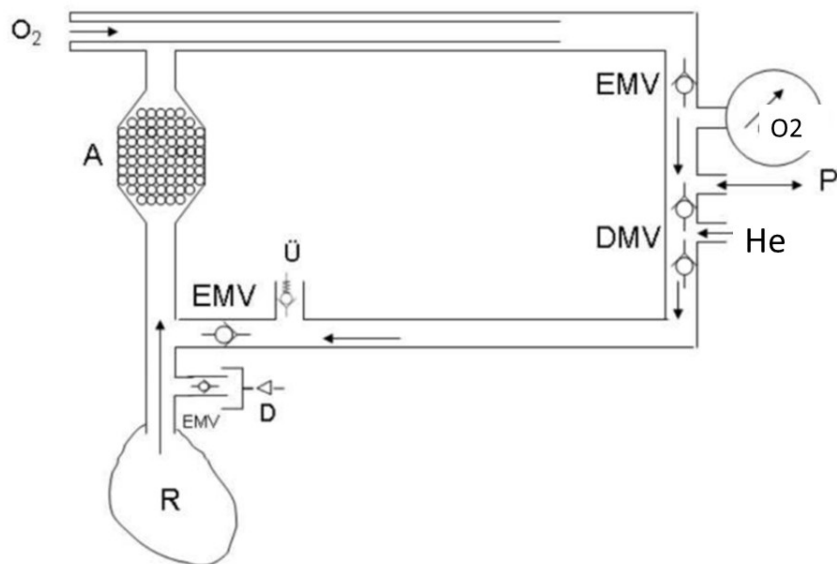
Medizinhistorische und physikalische Betrachtung

In den frühen Jahren der Notfallmedizin, die in Deutschland massgeblich durch Professor Dr. Dr.hc. mult. F.W. Ahnefeld geprägt worden war, fand sich in vielen Notarztwagen ein sogenanntes Narkose-Kreisteil. Hierdurch war es möglich, beatmete PatientInnen – sobald sie in den Rettungswagen oder auch den Rettungshubschrauber verbracht worden waren – mit Sauerstoff zu versorgen, und dabei durch Rückatmung des Sauerstoffes dessen Verbrauch zu reduzieren. Ab Mitte der 1990er Jahre wurden diese Systeme in allen Rettungsmitteln schrittweise durch Respiratoren ohne Sauerstoffrück-



EMV – Einmembranventil, DMV – Doppelmembranventil, A – Absorber, D – Demandventil, R – Reservoirbeutel

Abb. 1



EMV – Einmembranventil, DMV – Doppelmembranventil, A – Absorber, P- Patient, D – Demandventil, R – Reservoirbeutel

Abb. 2

atmung ersetzt. Längere Zeit danach war ein Narkosekreisteil nur noch in dem durch die Bundeswehr eingesetzten Ulmer Rettungshubschrauber verfügbar.

Bei Menschen, die Sauerstoff über eine Maske oder über eine Nasensonde atmen, befindet sich zumindest initial immer noch ein Stickstoffanteil in den Atemwegen, welcher bei der Atmung bewegt werden muss. Darüber hinaus ist auch Sauerstoff ein relativ dichtes Gas, welches eine Dichte von immerhin 1.429 kg/m^3 hat. Stickstoff liegt mit 1.251 kg/m^3 knapp darunter. Helium hingegen hat nur eine Dichte von 0.178 kg/m^3 .

In der Hypoxie ist die Sauerstoffversorgung der Atemmuskulatur vermindert, und kann durch diese auch nicht mehr kompensiert werden, was das Sauerstoffangebot zusätzlich kompromittiert [13].

Pathophysiologische Betrachtung

Sauerstoff wird neben der Verbesserung des Sauerstoffangebotes für die Zelle auch eine toxische Wirkung durch die Entstehung freier Radikale [6] mit einer Verstärkung pulmonaler Inflammation zugeschrieben. Daher kann es in bestimmten Fällen zielführend sein, die Sauerstoffzufuhr zu reduzieren, was aber meist wegen der ja bestehenden Hypoxämie nicht geboten erscheint. Andererseits ist die Hypoxämie auch durch die im Rahmen der inflammatorischen Atemwegsreaktion zunehmende Atemarbeit mitbedingt.

Lösungsvorschlag

Die Atmung von Sauerstoff in Kreislauf- oder Rückatemsystemen hat sich in der Behandlung von Erkrankungen mit Sauerstoff in Mangelsituationen und out of area-Einsätzen bewährt [8, 10, 11]. Helium ist ein relativ einfach und preisgünstig erhältliches Gas. Es kann zusammen mit Sauerstoff auch in einem Narkose-Kreislaufsystem unter low- oder minimal flow-Kautelen mit wenig Verlust beider Gase verabreicht werden (Abbildungen 1 und 2). Unter Monitoring der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration ist es möglich, das durch die Herabsetzung der Atemarbeit einerseits und die Erhöhung des Sauerstoffangebotes andererseits günstigste Verhältnis beider Gase zu finden, welches die beste Oxygenierung des Notfallpatienten erzielt [12].

Die Lungenveränderungen bei COVID-19 könnten durch die Optimierung der Atemarbeit und der Einstellung weniger toxischer Sauerstoffanteile vermindert werden [7], wobei dies nicht zwingend bedeutet, dass der Heliumanteil im Atemgasgemisch gegenüber Sauerstoff überproportional hoch sein müsste [12].

Durch auf dem Markt erhältliche – mit wenig Aufwand kombinierbare – Einzelteile von Beatmungssystemen [14] kann ein mobiles Atemgasrückatemsystem zur Applikation von HELIOX zusammengebaut werden, welches direkt ab der Einsatzstelle durch den Rettungsdienst einsetzbar ist und auch im Notfallaufnahmebereich bis zur Intensivpflegestation beim Patienten belassen werden kann. Das Monitoring der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration muss kontinuierlich beibehalten werden. Lediglich die beim Transport mitgeführten Sauerstoff- und Helium-Gaszylinder werden vom Rettungsdienst wieder mitgenommen und durch angeschlossene Kliniksysteme ersetzt.

Literatur:

1. Baum J, Enzenauer J, Krausse T, Sachs G (1993) [Soda lime--service life, consumption and costs in relation to fresh gas flow]. *Anaesthesiol Reanim* 18:108–13
2. Blakeman TC, Branson RD (2013) Oxygen supplies in disaster management. *Respir Care* 58:173–83
3. Brochard L, Slutsky A, Pesenti A (2017) Mechanical Ventilation to Minimize Progression of Lung Injury in Acute Respiratory Failure *Am J Respir Crit Care Med*. 2017 195:438-442
4. Castillo D, Güell R, Casan P (2007) [Oxygen-conserving devices: a forgotten resource]. *Arch Bronconeumol* 43:40–5
5. Delorme M, Bouchard PA, Simon M, Simard S, Lellouche F (2017) Effects of High-Flow Nasal Cannula on the Work of Breathing in Patients Recovering From Acute Respiratory Failure *Crit Care Med* 45:1981-1988
6. He G, Dong C, Luan Z, McAllan BM, Xu T, Zhao L, Qiao J (2013) Oxygen free radical involvement in acute lung injury induced by H5N1 virus in mice. *Influenza Other Respir Viruses* 7:945-53
7. Jassar RK, Vellanki H, Zhu Y, Heseck AM, Wang J, Rodriguez E, Wolfson MR, Shaffer TH (2015) High flow nasal HELIOX improves work of breathing and attenuates lung injury in a newborn porcine lung injury model. *J Neonatal Perinatal Med* 8:323-31
8. Mutzbauer TS, Neubauer B, Mueller PH, Tetzlaff K (1998) Modification of the closed circuit underwater breathing apparatus LAR V makes it suitable for cardiopulmonary resuscitation (CPR). *Resuscitation* 39:75-80.
9. Radovanovic D, Rizzi M, Pini S, Saad M, Chiumello DA, Santus P (2020) Helmet CPAP to Treat Acute Hypoxemic Respiratory Failure in Patients with COVID-19: A Management Strategy Proposal. *J Clin Med* 9 : E1191
10. Ritz RH, Previtiera JE (2008) Oxygen supplies during a mass casualty situation. *Respir Care* 53:215–24
11. Shaw M, Scott DH (1998) Performance characteristics of a “to and fro” disposable soda lime canister. *Anaesthesia* 53:454–60
12. Truebel H, Wuester S, Boehme P, Doll H, Schmiedl S, Szymanski J, Langer T, Ostermann T, Cysarz D, Thuermann P (2019) A proof-of-concept trial of HELIOX with different fractions of helium in a human study modeling upper airway obstruction. *Eur J Appl Physiol* 119:1253-60
13. Vogiatzis I, Athanasopoulos D, Boushel R, Guenette JA, Koskolou M, Vasilopoulou M, Wagner H, Roussos C, Wagner PD, Zakynthinos S (2008) Contribution of respiratory muscle blood flow to exercise-induced diaphragmatic fatigue in trained cyclists *J Physiol* 586: 5575-87
14. Wilgis J (2008) Strategies for providing mechanical ventilation in a mass casualty incident: distribution versus stockpiling. *Respir Care* 53:96–100